

TÍNH TOÁN CÁC BỘ PHẬN CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG SẤY BOM NHIỆT ĐỂ SẤY QUẢ HỒI

Trần Văn Tường^{1,*}, Trần Công Chi¹

TÓM TẮT

Nghiên cứu áp dụng công nghệ sấy bom nhiệt tiết kiệm năng lượng cho sấy quả hồi để đạt các yêu cầu trong bảo quản, chế biến và xuất khẩu thay thế cho các phương pháp làm khô quả hồi truyền thống là cần thiết để tăng năng suất và chất lượng của sản phẩm hồi khô phục vụ xuất khẩu, từ đó làm tăng hiệu quả kinh tế trong sản xuất hồi. Để có thể chế tạo hệ thống sấy bom nhiệt phù hợp với yêu cầu cho trước cần thiết phải tính toán thiết kế hệ thống sấy. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được mô hình hệ thống sấy quả hồi bằng bom nhiệt có năng suất 2.000 kg/m² với kích thước của buồng sấy gồm chiều dài 4,1 m x chiều rộng 3,1 m x chiều cao 1,7 m; công suất động cơ máy nén của bom nhiệt 33,13 kW với tác nhân lạnh R22, công suất nhiệt 101,81 kW, công suất lạnh 103,72 kW, lưu lượng quạt gió 11.903 m³/h. Từ các thông số cơ bản của hệ thống sấy và năng suất sấy, để đưa độ ẩm của sản phẩm sấy từ độ ẩm ban đầu 80% xuống 13% theo yêu cầu, tổng thời gian sấy cần thiết là 16 giờ. Kết quả khảo nghiệm cho thấy hệ thống sấy bom nhiệt có thời gian sấy ngắn hơn 22,7%, năng lượng tiêu thụ điện giảm 11,3%, màu sắc sản phẩm sấy đẹp hơn và tỷ lệ vỡ vụn của quả hồi sau sấy nhỏ hơn so với các lò sấy thông thường.

Từ khóa: Hệ thống sấy quả hồi, sấy bom nhiệt, công nghệ sấy bom nhiệt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây hồi là một trong những đặc sản của Việt Nam được trồng chủ yếu ở tỉnh Lạng Sơn với tổng diện tích toàn tỉnh là 35.000 ha, chiếm khoảng 75% diện tích hồi của cả nước [1]. Tinh dầu hồi chủ yếu có trong quả hồi. Đây là dược liệu quý trong công nghệ thực phẩm và y học. Đặc biệt gần đây hoa hồi còn dùng để chiết suất ra axit shikimic làm nguyên liệu sản xuất thuốc Tamiflu phòng chống cúm A/H1N1; H5N1 [2].

Hiện nay, ở Việt Nam quả hồi sau khi thu hoạch chủ yếu được bán cho các thương lái với giá cả không ổn định dẫn đến hiệu quả kinh tế thấp. Phần còn lại được dùng để chưng cất tinh dầu hồi hoặc được làm khô để dự trữ, bảo quản để làm nguyên liệu cho các quá trình sản xuất tiếp theo [3]. Để nâng cao hiệu quả kinh tế cho người trồng hồi cần thiết phải tăng sản phẩm hồi khô để dự trữ, bảo quản phục vụ sản xuất và thương mại không chỉ với Trung Quốc mà với cả các thị trường ổn định hơn như: EU, Mỹ, các nước Trung Đông, Ấn Độ và các nước khác.

Công nghệ sản xuất quả hồi khô hiện nay ở Lạng Sơn cũng như các địa phương khác chủ yếu được thực hiện bằng phương pháp phơi tự nhiên hoặc sử dụng các phương pháp sấy thủ công, truyền thống, dựa vào kinh nghiệm truyền lại từ trước dẫn

đến năng suất và chất lượng sản phẩm thấp, phụ thuộc vào thời tiết, diện tích sân phơi. Bởi vậy màu sắc của sản phẩm không đều, không khống chế được thời gian, nhiệt độ và độ chín của quả hồi nên ảnh hưởng nhiều đến chất lượng sản phẩm quả hồi khô [4].

Xuất phát từ những vấn đề phân tích ở trên, cần thiết phải có hệ thống thiết bị sấy quả hồi khô phù hợp, đạt năng suất cao, nhưng giá thành phù hợp để tạo ra sản phẩm hồi khô ở Việt Nam có chất lượng tốt đáp ứng được yêu cầu sử dụng trong nước cũng như xuất khẩu. Sấy bom nhiệt là phương pháp sấy đang ngày càng được áp dụng rộng rãi trong sấy các sản phẩm nông sản do có ưu điểm nổi bật là sản phẩm được sấy khô ở nhiệt độ thấp do đó tiêu thụ ít năng lượng hơn so với những thiết bị sấy thông thường. Ngoài ra phương pháp sấy này cũng cho năng suất cao, bảo toàn được các tính chất đặc trưng của sản phẩm và tỷ lệ khô đồng đều của sản phẩm trên 95%, đáp ứng được các yêu cầu xuất khẩu [5].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Thiết bị nghiên cứu là hệ thống sấy quả hồi sử dụng bom nhiệt tiết kiệm năng lượng với năng suất đạt 2.000 kg quả hồi tươi/m² [6]. Sản phẩm sau khi sấy đạt độ khô 95% và đạt tiêu chuẩn xuất khẩu. Nguyên liệu sấy được sử dụng để nghiên cứu là quả hồi tươi được trồng tại huyện Văn Quan, tỉnh Lạng

¹ Trường Đại học Lâm nghiệp
*Email: tuongvtran@gmail.com

Son đã đến tuổi thu hoạch và được thu mua từ các hộ dân ngay sau khi được thu hoạch không quá 24 giờ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

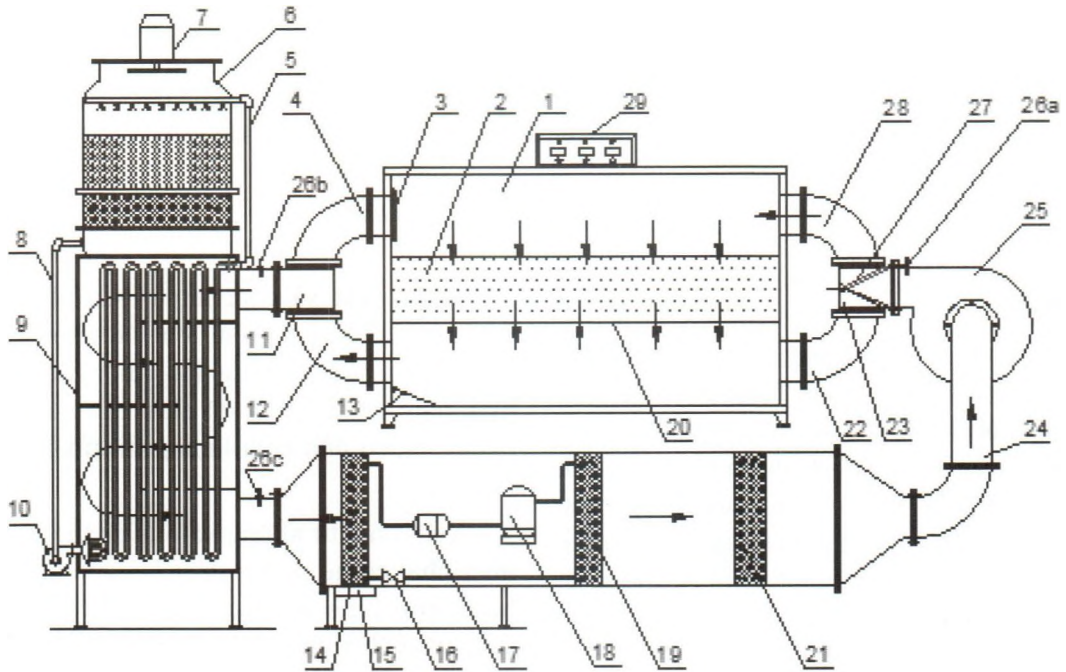
Căn cứ vào các yêu cầu thiết kế của nhiệm vụ và các đặc điểm của vật liệu sấy (quả hồi) để xây dựng mô hình tổng thể hệ thống thiết bị sấy quả hồi bằng phương pháp bơm nhiệt. Nghiên cứu áp dụng các lý thuyết về truyền nhiệt, truyền chất và động học của quá trình sấy để tính toán xác định các thông số cơ bản của các bộ phận trong hệ thống thiết bị sấy quả

hồi dựa vào các thông số cho trước của bài toán thiết kế chế tạo.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình tổng thể thiết bị sấy quả hồi bằng bơm nhiệt

Trên cơ sở khảo sát các thiết bị sấy được sử dụng phổ biến trong sản xuất, căn cứ vào đặc điểm vật liệu sấy và các yêu cầu đề bài đặt ra của nhiệm vụ đối với thiết bị sấy mô hình hệ thống sấy sử dụng bơm nhiệt được mô tả như trên hình 1.



Hình 1. Mô hình thiết bị sấy quả hồi bằng công nghệ bơm nhiệt

Ghi chú: 1 - buồng sấy; 2 - vật liệu sấy; 3, 13 - van thoát không khí ẩm; 4, 12 - hộp dẫn không khí ẩm; 5, 8 - ống dẫn nước; 6 - tháp làm nguội nước; 7 - quạt tháp làm nguội nước; 9 - tháp làm nguội không khí; 10 - bơm nước; 14 - dàn bay hơi (dàn lạnh); 15 - khay hứng nước ngưng; 16 - van tiết lưu; 17 - thiết bị hồi nhiệt; 18 - máy nén hơi môi chất lạnh; 19 - dàn ngưng tụ (dàn nóng); 20 - lưới sàng; 21 - thiết bị gia nhiệt bổ sung; 22, 28 - hộp dẫn không khí nóng; 23 - hộp van; 24 - ống dẫn không khí nóng; 25 - quạt; 26abc - cảm biến nhiệt; 27 - van đảo chiều gió; 29 - hộp điều khiển.

3.2. Tính toán buồng sấy

Buồng sấy được tính toán dựa vào các thông số lựa chọn ban đầu gồm: năng suất sấy (2.000 kg/m²); khối lượng thể tích (475 kg/m³); độ ẩm ban đầu (ω₁ = 80%); độ ẩm cuối (ω₂ = 13%); thời gian sấy (16 giờ); nhiệt độ môi trường (t_m = 23°C); độ ẩm môi trường (φ_m = 83%); độ ẩm trung bình của tác nhân sấy (φ₁ = 19%); tác nhân sấy là không khí tuần hoàn kín, tác nhân lạnh là Frêon-22 (R22).

Xác định kích thước cơ bản của buồng sấy

Căn cứ vào khối lượng quả hồi trong mỗi mẻ sấy G₁ = 2.000 kg và khối lượng thể tích của quả hồi γ = 475 kg/m³, tính được thể tích chiếm chỗ của vật liệu sấy trong buồng sấy theo công thức:

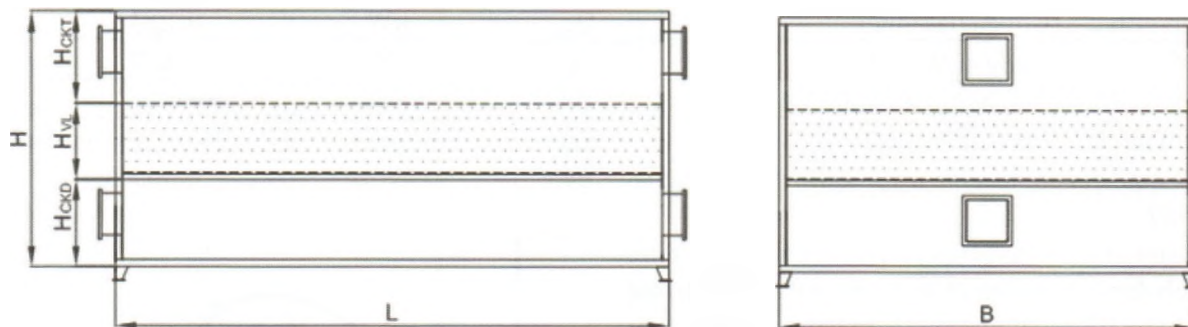
$$V = \frac{G_1}{\gamma} = \frac{2000}{475} = 4,21 \text{ m}^3$$

Theo kết quả thực nghiệm sấy quả hồi, trong quá trình sấy, quả hồi thường tiết chất nhớt gây dínhбет làm tăng trở lực cho dòng tác nhân nhân sấy. Để đạt hiệu quả sấy cao thì chiều cao lớp vật liệu trong buồng sấy có thể chọn trong khoảng H_{v1} = 0,3 - 0,5 m.

Trong trường hợp này đã chọn chiều cao lớp vật liệu sấy $H_{vl} = 0,4$ m và chiều dài buồng sấy $L = 4$ m, chiều rộng B của buồng sấy được tính theo công thức:

$$B = \frac{V}{L_{tr} \cdot H_{vl}} = \frac{4,21}{4,0 \cdot 4} = 2,63 \text{ m; chọn } B = 3,0 \text{ m.}$$

Chiều cao buồng chứa khí phía trên H_{ckt} và dưới H_{ckd} như nhau được tính toán bằng 0,6 m.

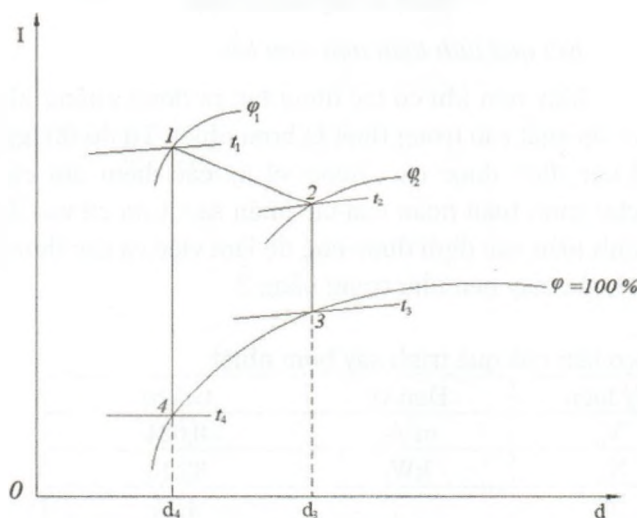


Hình 2. Các kích thước cơ bản của buồng sấy

Ghi chú: L – chiều dài buồng sấy; B – chiều rộng buồng sấy; H – chiều cao buồng sấy; H_{vl} – chiều cao vật liệu sấy; H_{ckt} – chiều cao chứa khí trên; H_{ckd} – chiều cao chứa khí dưới.

Buồng sấy được tính toán và lựa chọn sắt hộp 50 và V50 để chế tạo khung chính; tường của buồng sấy được chế tạo bằng 2 lớp tôn 1,2 mm và ở giữa được cách nhiệt bằng lớp bông thủy tinh có chiều dày 5 cm và có hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 0,045$ (W/m.K). Như vậy kích thước phủ bì của buồng sấy: $L \times B \times H = 4,1 \times 3,1 \times 1,7$ m.

Xác định các thông số cơ bản của quá trình sấy



Hình 3. Đồ thị I-d mô tả chu trình của tác nhân sấy trong thiết bị sấy bơm nhiệt

Để tính xác định các thông số cơ bản của quá trình sấy phù hợp với công nghệ sấy cần căn cứ vào

Như vậy chiều cao buồng sấy:

$$H = H_{vl} + H_{ckt} + H_{ckd} = 0,4 + 0,6 + 0,6 = 1,6 \text{ m.}$$

Như vậy kích thước bên trong buồng sấy tính toán được như sau (Hình 2): (dài x rộng x cao) = $L \times B \times H = 4,0 \times 3,0 \times 1,6$ m.

các thông số về kích thước buồng sấy, căn cứ vào chu trình hoạt động của tác nhân sấy thông qua đồ thị I-d (Hình 3).

Sau khi tính toán xác định các thông số của quá trình sấy lý thuyết, các thông số của quá trình sấy thực và các thông số sau quá trình sấy thực xác định được tổng nhiệt lượng tiêu hao $q_{th} = 4.182,56$ kJ/kg ẩm và tổng nhiệt lượng tính toán $q_{tt} = 4.265,42$ kJ/kg ẩm. Về nguyên tắc, trong quá trình sấy phải đảm bảo cân bằng về nhiệt. Nghĩa là tổng nhiệt lượng tiêu hao phải bằng tổng nhiệt tính toán hay $q_{th} = q_{tt}$. Nhưng do nhiều lý do như dùng các công thức giải tích gần đúng, làm tròn trong quá trình tính toán nên có sự sai khác nhất định.

Sai số tương đối được tính toán theo công thức:

$$\varepsilon = \frac{|q_{th} - q_{tt}|}{q_{th}} = \frac{|4182,56 - 4265,42|}{4182,56} = 0,0198 = 1,98\%$$

Kết quả tính toán $\varepsilon = 1,98\%$ nằm trong giới hạn cho phép ($\varepsilon < 5\%$). Như vậy, kết quả tính toán đảm bảo độ tin cậy.

Nhiệt lượng có ích $q_i = 2462,81$ kJ/kg ẩm, hiệu suất của thiết bị sấy được xác định qua công thức:

$$\eta_{tbs} = \frac{q_i}{q_{th}} = \frac{2462,8}{4182,56} \approx 0,5888 = 58,88\%$$

Kết quả xác định các thông số cơ bản của quá trình sấy được thể hiện bảng 1.

Bảng 1. Kết quả xác định các thông số cơ bản của quá trình sấy bơm nhiệt

TT	Các thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Nhiệt lượng có ích	q_i	kJ/kg ẩm	2.462,81
2	Nhiệt do tác nhân sấy mang đi	q_{ms}	kJ/kg ẩm	1.639,96
3	Tổng nhiệt lượng tính toán	q_{tt}	kJ/kg ẩm	4.265,42
4	Tổng nhiệt lượng tiêu hao	q_{th}	kJ/kg ẩm	4.182,56
5	Hiệu suất thiết bị sấy	η_{tbs}	%	58,88
6	Công suất nhiệt	Q_{nh}	kW	101,81
7	Công suất lạnh	Q_{la}	kW	103,72
8	Lưu lượng quạt gió	V	m ³ /h	11.903,7

3.3. Tính toán bơm nhiệt

Kết quả tính toán chu trình lạnh của môi chất bơm nhiệt

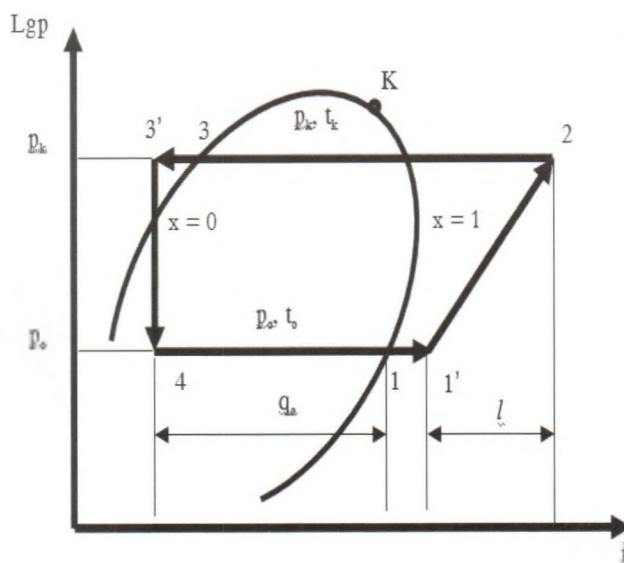
Để tính toán bơm nhiệt, trước tiên cần tính toán chu trình lạnh của môi chất bơm nhiệt. Một trong những cơ sở để xác định chu trình lạnh của môi chất là dựa vào chu trình tuần hoàn của tác nhân lạnh. Đây là chu trình ngược được biểu diễn bằng đồ thị lgp-i trên hình 4.

Dàn sấy của hệ thống sấy quả hồi được thiết kế là dàn bay hơi trực tiếp, để tránh khả năng hơi nước đóng băng trên cánh tản nhiệt làm tăng trở lực của dàn sấy, hiệu nhiệt độ yêu cầu $\Delta t = 13^\circ\text{C}$ và nhiệt độ bùong lạnh $t_{bi} = 20^\circ\text{C}$ được lựa chọn. Kết quả tính toán xác định được nhiệt độ sôi của môi chất $t_0 = 7^\circ\text{C}$.

Với thiết bị dàn ngưng làm mát bằng không khí, chọn $\Delta t = 10^\circ\text{C}$, nhiệt độ tác nhân sấy ra khỏi dàn ngưng $t_{kk} = 50^\circ\text{C}$, từ đó xác định được nhiệt độ ngưng của môi chất $t_k = 60^\circ\text{C}$. Nhiệt độ quá lạnh của chất lỏng trước van tiết lưu càng thấp thì năng suất lạnh càng lớn. Trong trường hợp này do sử dụng máy lạnh với môi chất lạnh R22 có bình hồi nhiệt nên việc quá lạnh được thực hiện trong bình hồi nhiệt giữa môi chất lỏng nóng trước van tiết lưu và hơi lạnh ở bình bay hơi ra trước khi về máy nén.

Từ đồ thị lgp-i của chu trình lạnh với môi chất R22, xác lập chế độ làm việc của thiết bị gồm nhiệt độ sôi: $t_0 = 7^\circ\text{C}$; nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 60^\circ\text{C}$; nhiệt độ

quá nhiệt hơi hút $t_{qn} = 25^\circ\text{C}$, nhiệt độ quá lạnh $t_{ql} = 24^\circ\text{C}$.



Hình 4. Chu trình tuần hoàn của tác nhân lạnh trong thiết bị sấy bơm nhiệt

Kết quả tính toán máy nén khí

Máy nén khí có tác dụng tạo ra dòng không khí có áp suất cao trong thiết bị bơm nhiệt. Từ đồ thị lgp-I xác định được các thông số tại các điểm nút của chu trình tuần hoàn của tác nhân sấy. Căn cứ vào đó tính toán xác định được chế độ làm việc và các thông số của máy nén như trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả xác định các thông số cơ bản của quá trình sấy bơm nhiệt

TT	Các thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
	Thể tích hút thực của máy nén	V_h	m ³ /s	0,024
	Công suất động cơ máy nén	N_{dc}	kW	33,13
1	Tỷ số nén	π		4,25
2	Hiệu suất động cơ	η		0,85
3	Tác nhân lạnh	R22		
4	Nhiệt độ bay hơi	t_0	°C	7
5	Nhiệt độ ngưng tụ	t_k	°C	60
6	Hệ số nhiệt lạnh của bơm nhiệt	ϕ		5,9

Căn cứ vào giá trị tỷ số nén $\pi = 4,25 < 12$, chọn máy nén một cấp. Mặt khác, môi chất lạnh sử dụng ở đây là R22 nên chọn sơ đồ máy nén lạnh một cấp dùng thiết bị hồi nhiệt.

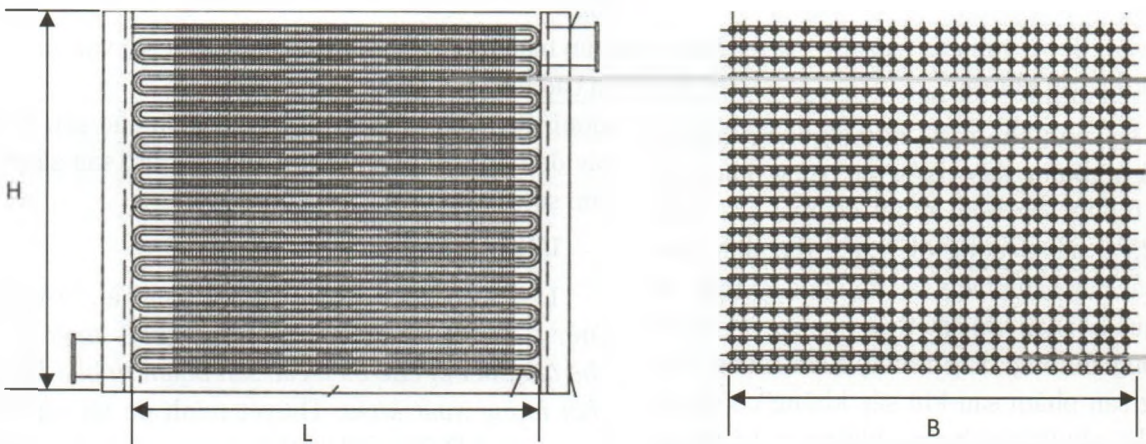
Kết quả tính toán dàn bay hơi và dàn ngưng tụ

Đối với sấy quả hồi, loại dàn bay hơi làm lạnh không khí đối lưu cưỡng bức được lựa chọn. Do làm lạnh không khí đến điểm đọng sương nên dàn bay hơi có máng thu nước ngưng ở dưới. Ống của dàn bay hơi là ống đồng cánh nhôm hình vuông làm ống dẫn môi chất trong dàn.

Thiết bị ngưng tụ của bơm nhiệt có công dụng gia nhiệt cho không khí trước khi vào buồng sấy từ

trạng thái bão hòa sau dàn lạnh đến nhiệt độ và độ ẩm yêu cầu trong quá trình sấy. Việc sử dụng dàn ngưng của bơm nhiệt để thay thế cho thiết bị gia nhiệt sẽ làm giảm chi phí điện năng của hệ thống, qua đó làm giảm chi phí lắp đặt và vận hành của hệ thống sấy dùng bơm nhiệt.

Theo Trần Văn Phú (2002) [3], chọn loại dàn ngưng giải nhiệt bằng không khí đối lưu cưỡng bức. Cấu tạo gồm một dàn ống trao đổi nhiệt bằng thép hoặc ống đồng có cánh nhôm hoặc sắt bên ngoài, bước cánh nằm trong khoảng 3 – 10 mm. Do môi chất là R22 nên chọn ống đồng cánh nhôm để làm ống dẫn môi chất trong dàn ngưng.



Hình 5. Cấu tạo của dàn bay hơi và dàn ngưng tụ

Ghi chú: L – Chiều dài ống; B – Chiều rộng của dàn; H – Chiều cao của dàn.

Căn cứ vào kết quả tính toán chu trình lạnh của môi chất bơm nhiệt, sau khi tính toán diện tích trao đổi nhiệt, độ chênh nhiệt độ trung bình và hệ số

truyền nhiệt xác định được các thông số của dàn bay hơi và dàn ngưng tụ như trong bảng 3.

Bảng 3. Các thông số cơ bản của dàn bay hơi và dàn ngưng tụ

Thông số		Đơn vị tính	Dàn bay hơi	Dàn ngưng tụ	Dàn cấp nhiệt bổ sung
Ống dẫn môi chất	Đường kính trong của ống d_r	mm	15	15	18
	Đường kính ngoài của ống d_{ng}	mm	18	18	21
	Bước ống s	mm	35	32	75
	Chiều rộng ống dẫn l	mm	500	500	350
	Số hàng ống z	hàng	20	22	10
	Tổng số ống n	ống	400	484	100
Cánh tản nhiệt	Chiều dày cánh δ_c	mm	0,35	0,3	0,3
	Bước cánh s_c	mm	3,5	3,5	10
	Chiều dài cánh l_c	mm	34		
	Đường kính cánh d_c			32	34
Kích thước dàn	Chiều dài ống L	m	0,7	0,7	0,75
	Chiều cao H	m	0,7	0,7	0,75
	Chiều rộng ống B	m	0,65	1,0	0,35

3.4. Đánh giá hiệu quả khi sấy bằng hệ thống sấy sử dụng bơm nhiệt

Để đánh giá hiệu quả của hệ thống sấy sử dụng bơm nhiệt, sau khi hệ thống sấy được thiết kế và chế tạo, tiến hành so sánh sản phẩm của quá trình sấy bằng hệ thống sấy sử dụng bơm nhiệt với sản phẩm sấy bằng lò sấy giàn một chiều sử dụng năng lượng

điện. Mẫu sấy thử nghiệm là nguyên liệu quả hồi tươi được thu hoạch từ cùng một địa điểm và có tỷ lệ khối lượng của các thành phần gồm 90,2% thịt quả, 7,4% hạt và 2,56% cuống. Sản phẩm sau khi sấy có độ ẩm 13%. Kết quả xác định các chỉ tiêu so sánh được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. So sánh một số chỉ tiêu của sản phẩm sấy khi sấy bằng hệ thống sấy bơm nhiệt và lò sấy thông thường

Chỉ tiêu so sánh	Đơn vị	Phương pháp thông thường	Phương pháp sấy sử dụng bơm nhiệt
Thời gian sấy	giờ	18,5	14,3
Hàm lượng tinh dầu sau khi sấy	%	1,43	1,45
Năng lượng điện tiêu thụ	kWh	652,9	579,1
Màu sắc và tỷ lệ vỡ vụn của sản phẩm quả hồi sau khi sấy		Màu vàng lẫn màu đen, tỷ lệ vỡ vụn cao hơn.	Màu vàng sáng, tỷ lệ vỡ vụn nhỏ hơn.

Kết quả so sánh cho thấy, nhờ sử dụng thiết bị bơm nhiệt và hệ thống đảo chiều gió trong quá trình sấy nên hệ thống sấy bơm nhiệt có thời gian sấy ngắn hơn 22,7%, năng lượng điện tiêu thụ thấp hơn 11,3%, màu sắc của sản phẩm sấy đẹp hơn và mức độ vỡ vụn của quả hồi sau khi sấy thấp hơn so với các lò sấy điện thông thường. Tuy nhiên, hàm lượng tinh dầu có trong sản phẩm sau khi sấy không có sự sai khác nhiều. Lò sấy thông thường không có hệ thống đảo chiều gió trong quá trình sấy nên muốn cho nguyên liệu sấy khô đều và nhanh thì cần phải đảo nguyên liệu sấy bằng thủ công dẫn đến tốn thời gian, mất nhiệt và gây ra sự vỡ vụn nhiều hơn.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã đề xuất được mô hình hệ thống sấy quả hồi sử dụng bơm nhiệt dựa trên phương pháp sấy, năng suất sấy và đặc điểm của quả hồi. Đã tính toán xác định kích thước cơ bản của buồng sấy gồm chiều dài 4,1 m x chiều rộng 3,1 m x chiều cao 1,7 m. Dựa vào chu trình hoạt động của tác nhân sấy và kích thước cơ bản của buồng sấy đã tính toán được các thông số cơ bản gồm công suất động cơ máy nén của bơm nhiệt 33,13 kW với tác nhân lạnh R22, công suất nhiệt 101,81 kW, công suất lạnh 103,72 kW, lưu lượng quạt gió 11.903 m³/giờ. Để đưa độ ẩm của sản phẩm sấy với khối lượng mỗi mẻ sấy 2.000 kg quả hồi tươi từ độ ẩm ban đầu 80% xuống 13% theo yêu cầu thì cần tổng thời gian sấy 16 giờ. Kết quả khảo nghiệm cho thấy nhờ sử dụng bơm nhiệt và trang bị hệ thống đảo chiều gió mà hệ thống sấy bơm nhiệt có thời gian sấy ngắn hơn 22,7%, năng

lượng tiêu thụ điện giảm 11,3%, màu sắc sản phẩm sấy đẹp hơn và tỷ lệ vỡ vụn của quả hồi sau sấy nhỏ hơn so với các lò sấy thông thường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đặng Ngọc Khải, Dương Văn Tài, Trần Văn Tường (2018). *Nghiên cứu công nghệ, thiết kế và chế tạo thiết bị chế biến các sản phẩm từ quả hồi đạt chất lượng xuất khẩu*. Thuyết minh đề tài cấp Nhà nước mã số ĐTĐL.CN-31/18. Công ty Cổ phần Thiết bị Chuyên dùng Việt Nam.
- Kivevele, T., & Huan, Z. (2014). A review on opportunities for the development of heat pump drying systems in South Africa. *South African Journal of Science*, 110(5-6). <https://doi.org/10.1590/sajs.2014/20130236>.
- Trần Văn Phú (2002). *Tính toán thiết kế hệ thống sấy*. Nhà xuất bản Giáo dục.
- Trần Văn Tường (2019). *Nghiên cứu khảo sát về vùng trồng nguyên liệu quả hồi, xây dựng tiêu chuẩn đầu vào của nguyên liệu cho chế biến các sản phẩm hồi*. Báo cáo nội dung nghiên cứu của đề tài cấp Nhà nước mã số ĐTĐL.CN-31/18. Công ty Cổ phần Thiết bị Chuyên dùng Việt Nam.
- Cổng thông tin điện tử Ủy ban Dân tộc (2020). *Thông tin thị trường giá cả số 37/2020*. Ủy ban Dân tộc. <http://cema.gov.vn/tin-tuc/tin-tuc-su-kien/thong-tin-thi-truong-gia-ca/thong-tin-thi-truong-gia-ca-so-37-2020.htm>.
- Wang, G. W., Hu, W. T., Huang, B. K., & Qin, L. P. (2011). *Illicium verum: A review on its botany*,

traditional use, chemistry and pharmacology. In 10–20). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.04.051>.
Journal of Ethnopharmacology. Vol. 136, Issue 1, pp.

**THE CALCULATION OF SOME MAIN COMPONENTS IN HEAT PUMP DRYER
FOR DRYING STAR ANISE**

Tran Van Tuong¹, Tran Cong Chi¹

¹*Vietnam National University of Forestry*

Summary

The study of applying the drying technology of heat pump for drying star anise with the aims to reduce energy consumption and help the star anise products after being dried meet the requirements for preservation, process and export instead of using traditional drying methods is necessary to increase the drying productivity and profits. In order to manufacture the suitable drying system using heat pump based on given requirements, it is necessary to design and calculate the drying component of the system in advance. This article introduces the methods and calculation results of the main parts of the drying system to identify the main parameters for the manufacturing process. The study result has developed the drying system model for star anise using heat pump with the productivity of 2.000 kg/batch and dimension of drying cabinet including the length of 4.1 m x width of 3.1 m x height of 1.7 m; the engine power of heat pump 33.13 kW with R22 refrigerant, heat power of 101.81 kW, refrigeration power of 103.72 kW, fan flow of 11.903 m³/h. Based on the above basic parameters and productivity of drying system, in order to reduce the relative humidity from 80% to 13% as required, the total of 16 hours drying time are needed. The comparing results showed that the heat pump drying system had a 22.7% shorter drying time, 11.3% less energy consumption, a better color of dried products and a smaller breakage rate of post - drying anise compared to conventional drying method.

Keywords: *Star anise drying system, heat pump dryer, heat dryer technology.*

Người phản biện: PGS.TS. Đỗ Văn Chương

Ngày nhận bài: 12/7/2022

Ngày thông qua phản biện: 12/8/2022

Ngày duyệt đăng: 24/8/2022